

小学校理科授業における仮説設定に関する指導の研究

－ 仮説品質尺度を用いた分析結果を基に －

学習開発分野(19220918) 中山 雄 介

本研究では、まず、小学校理科における探究とその過程、仮説設定とその評価の方法について理論的に解明した。次に、小学校理科第 4 学年の単元「ものの温度と体積」の授業を実践し、作成した仮説品質尺度を用いて児童の仮説設定の現状について分析・考察した。その結果、従来の授業では予想＝説明仮説のみになっている場合が多く、実験の見通しをもたないままに授業が進められていることが分かった。見通しをもって観察・実験を行うためには、説明仮説の後に作業仮説を設定することが重要であることを明らかにした。

[キーワード] 探究, 仮説設定, 仮説品質尺度, 小学校理科, ものの温度と体積

1 問題の所在

平成 29(2017)年度改訂小学校学習指導要領(理科)においては、問題解決の力、すなわち科学的探究能力の育成の重要性が述べられている。科学的探究は理科において古くから重要な能力の一つである。科学的探究能力の育成にあたっては、多くの研究者が仮説設定の重要性を述べている。小学校理科の授業においては、予想という名のもとに仮説設定を行おうとしてきている。しかし、実際の授業では、仮説の妥当性が吟味されていなかったり、仮説を設定したとしても検証可能な実験の立案がうまくできていない場合が多い。また、安部ら(2018)は、学習者の仮説形成を指導することは容易ではないと述べている。

国立教育政策研究所の平成 30(2018)年度の全国学力・学習状況調査の調査報告書では、小学校理科の課題として観察・実験の結果を整理し分析・考察した内容を記述することや、予想が確かめられた場合に得られる結果を見通して実験を構想したり、実験結果を基により妥当な考えに改善し、その内容を記述することが挙げられている。このことから、理科授業の問題解決の学習過程において、仮説を設定すること及び結果を基に仮説を評価・修正することの両方に課題があると言える。

2 目的と方法

(1) 目的

仮説や仮説設定に関する先行研究を基に、小学校理科授業における探究の過程と仮説、仮説設定について理論的に解明する。さらに、理科授業を

通して実態を明らかにする。

(2) 方法

- ①先行研究から、探究とその過程、仮説設定、科学者と学習者の認知の相違について調べた。
- ②「ものの温度と体積」の授業を計画・実践した。
時期：2019 年 11 月
対象：山形市内 A 小学校第 4 学年 児童 33 名
- ③先行研究を基に仮説品質尺度を加筆修正し、小学校理科で使用可能な仮説品質尺度を作成した。
- ④③で作成した仮説品質尺度を基に、小学校理科の授業を分析し、考察した。
- ⑤②及び④の結果から理科授業における仮説設定の現状を示し、今後の課題を明らかにした。

3 先行研究の検討

(1) 理科における探究とその過程

①探究の定義

小川(1992)によると、理科教育において探究の提唱者であるシュワブは、探究について「普遍的方法または論理ではない」と述べ、「探究として科学を取り扱うということは、科学的知識はその知識を生んだ人間の精神と手との協同活動から生まれたものとして取り扱うこと、つまり、探究は科学的知識を明確鮮明にする手段として取り扱うこと」を意味すると述べている。このシュワブの考えは、パースやデューイの探究観に影響を受け、米国の科学教育において示されたものである。

そこで、本研究では、発端となったパースの探究の定義である「疑念が刺激となって、信念に到達しようとする努力」を用いた。

②探究の過程

八田ら(2004)は、学問分野や科学者によって様々な様式が見られるが、自然界に対する説明としての理論創造に科学の目的があるとするならば、探究の基本的な流れを次の図 1a のように捉えている。また、中央教育審議会答申(2016)においては、理科の学習過程を図 1b のように示している。

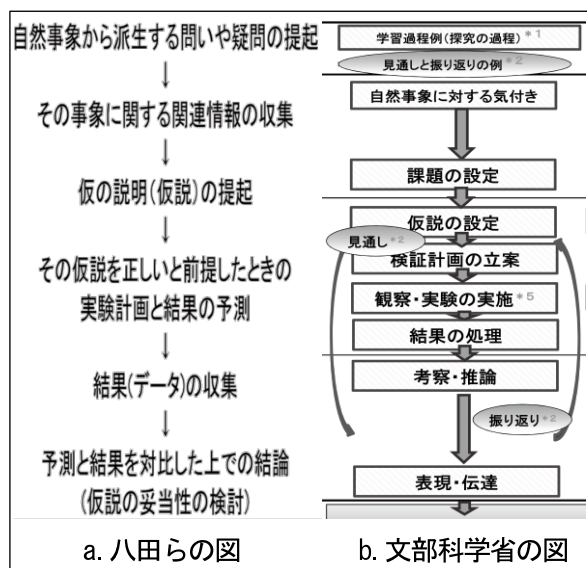


図1 科学的探究の過程の比較

八田ら(2004)は、仮説を正しいと仮定したときにこそ、実験の結果何が起り得るのかを「予測」することができ、その予測が実験結果と一致するかどうかによってだけ、仮説の妥当性を高めることができると考えている。仮説こそが探究のプロセスの核心を構成しており、いかに独創的で豊かな仮説を創造できるかが、研究成果を大きく左右し、どのような実験計画のアイディアを出せるかも仮説の妥当性を検証する(高める)成果を左右すると述べている。

(2)理科における仮説の定義

多くの研究者が理科における仮説の定義づけを行っている。例えば角屋ら(2009)は、仮説を「事物・現象から見いだした問題を合理的に説明するために、前もって仮に立てた考え」と定義している。また、山口ら(2015)は、仮説を「説明仮説」と「作業仮説」にわけ、「説明仮説」を「ある事象を説明するための仮説」とし、「作業仮説」を「作業を伴う仮説」としている。一般的な仮説は、「説明仮説」であると考えている。中村ら(2018)は、ローソンの考えを引用し、仮説を「観察された現象に対して提案可能な1つの説明。それによって特定の結果を引き起こしうるもの」と考え、予想

を「仮説が正しいとしたときに予測される実験・観察の結果」と考え、明確に区別している。さらに、その他の研究から仮説の定義では、「事象や現象」が契機であること、「暫定的」であること、「説明」であることが共通していることが分かった。

これらをふまえ、本研究では仮説を「事象や現象から見いだされる問題に対する暫定的な説明であり、検証可能なもの」とした。

(3)仮説設定の定義

小林(2017)は、仮説設定(推論)を「アブダクション」と「演繹」にわけて考えている(図 2a)。中村ら(2018)は、探究の過程における仮説設定を「仮説設定」と「予測」に区別している(図 2b)。なお、図 2 は筆者が加筆修正したものである。

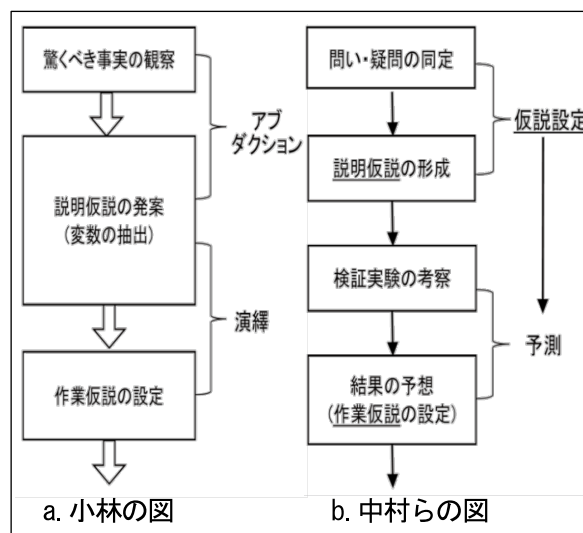


図2 仮説設定に関する考え方の比較

本研究において、説明仮説の設定に加え、検証実験の考案と作業仮説の設定(検証実験の結果の見通し)までを含めて仮説設定とする。

(4)探究活動における認知の相違

遠西ら(2018)は、探究活動における科学者と学習者の認知の相違を述べている。科学者は、パラダイムやそこから導出される理論体系などから、不完全であっても科学理論の体系的理解がなされているから、そこに問題を発見し、理論を構成して仮説を立て、そこから観察や実験の具体的方法を構築し、実行し、選択的に意味ある結果を取り出すという、連鎖が生じる。一方で、学習者は、文脈を提供するはじめの理論体系が欠けている。そのために、学習者の科学的探究の過程の各局面間には関連が見られない。観察や実験はアプリアリ¹⁾な理論を仮説に置き換え、これを経験によって審判し、科学理論として定着しようとする行為

である。そのため、観察や実験に先立って理論が必要であることは明らかであると述べている。

(5) 仮説の質の検証

中村(2018)は、Quinn らが提案した仮説品質尺度を紹介している。そこでは、仮説の科学性を仮説の品質として 6 段階で評価している。小学校段階では、児童の仮説について論理性や科学的な説明レベルを細かく見ていく必要があると考え、その尺度を加筆修正し、以下のような仮説品質尺度を 8 段階として作成した。なお、専門的用語の多くを知らない児童が目指すべきはレベル 6 であると考え。

表 1 小学校理科における仮説品質尺度表

レベル	評価基準(目標基準とも考えられる)
0	仮説を設定することができない。何も書けていない。または説明のないもの。例えば、意味のない文、質問、報告、単一の具体的な対象についての単一の推測。
1	説明仮説のみできている。作業仮説がない。
2	説明仮説ができている。作業仮説はできていないが、実験方法はわかっている。(実験方法の見通しがもてていない)
3	説明仮説と作業仮説ができているが、非論理的で、非科学的な説明。例えば、「それは魔法だから」「誰かがボタンを押したから」
4	説明仮説と作業仮説ができている。論理的ではあるが、非科学的な説明。
5	部分的に科学的な説明。例えば、変数の不完全な参照、否定的な説明や類推。
6	一般的・非専門的用語で少なくとも 2 つの変数を関連付けた科学的説明。
7	正確な科学的説明。変数の定性／定量化。
8	仮説の検証の明示的な記述。

4 授業実践と考察

(1) 授業の概要

単元「ものの温度と体積」(全 9 時間)の授業実践を行った。その概要は次の通りであった。

時	課題
1・2	空気が温められるとどのような変化をするのだろうか
3	空気をキンキンに冷やすと空気の体積はどのように変化するのか
4・5	水を温めたり冷やしたりすると体積はどのように変化するのか
6・7	金属の体積は温めたり冷やしたりするとどのように変化するのか
8・9	まとめと評価テスト

(2) 分析と考察

授業実践では、課題を設定した後に説明仮説を立てる時間を設定した。今回の分析は、「空気が温められるとどのような変化をするのだろうか」という課題での授業(授業 1)と「空気をキンキンに冷やすと空気の体積はどのように変化するのか」

という課題での授業(授業 2)を取り上げ、児童の仮説(授業では予想)が「小学校向けの仮説品質尺度」のどのレベルにあるのかを検証した。

① 作業仮説の設定ができた例(授業 1)

この授業では、ペットボトルにスポンジの玉をつけ、ペットボトルをお湯に入れると玉がとぶという事象を見せた後に、ペットボトルの中の空気が温められるとどのような変化が起こったのかを仮説を立てて検証した。この授業では、事象を提示してから仮説を設定しているため、自然に説明仮説＋作業仮説になりやすかった。レベル 3～5 の仮説を設定することができた。

レベル	児童の仮説
1	・だんだん空気が増える。 作業仮説が設定されていない。
3	・ペットボトルの中の空気が温まると、その空気に耐えられなくなるとんだ。 空気がどうなるから耐えられなくなったのかが明記されておらず、非論理的で非科学的な説明と捉えた。
4	・熱くなって空気がペットボトルの中全体に広がり、蒸発してスポンジがとぶ。 蒸発するということは非科学的だが、ペットボトルの中の変化が明記され、その変化によって玉がとぶことが説明されているため、論理的な説明にはなっていると捉えた。
5	・お湯に入れるとペットボトルの中の空気が温まって、その熱さで玉がとぶ。空気が上に行く。 空気が温められると上に行くという説明は部分的には科学的な説明であると捉えた。

② 作業仮説の設定ができなかった例(授業 2)

この授業では、課題設定後に仮説を立てさせた。その後、実験方法を提示するという流れで実践した。そのため、児童の仮説は説明仮説だけのものや説明仮説が曖昧なまま実験を始めてしまっているレベル 1 か 2 のものが多かった。一方で、レベル 6 と考えられる仮説もあり、仮説の質のレベルに極端な開きが見られた。

レベル	児童の仮説
1	・冷やすと逆に縮むと思う。 作業仮説が設定されていない。
2	・シャボン玉がしぼむ。小さくなる。 シャボン液の膜の変化から考えようとしており、実験方法がわかっていると考えられるが、説明仮説がなく、作業仮説とは言い難い。
6	・お湯から離すとシャボン玉がしぼんだから、キンキンに冷やすとシャボン玉の体積は小さくなると思う。空気の体積は小さくなると思う。 空気を冷やしたときの変化を考えた上で、実験方法を想起し、実験の結果を見通すことができている。

③ 仮説設定における現状

多くの小学校理科授業で行われている仮説は、説明仮説と考えることができる。この説明仮説の

設定には、生活経験や既習事項の想起が必要である。現状は、理由や根拠が曖昧なままの説明仮説を考える程度のみで、その後の実験や考察に重点が置かれている。授業2のような従来通りの理科授業では、児童個々の仮説の質に大きな差が出て、全体的な質が低くなってしまうことが分かった。

④仮説の質を向上させる授業の構成

作業仮説を設定する場面により、仮説の質は向上し、児童の探究の過程が促進されると考えられる。さらに、1度目の探究の過程が終わったら、次のサイクルでは改めて説明仮説を設定し、作業仮説を立てて学習を進めるということを繰り返すことが大切である。単元の終わりには、説明仮説について改めて振り返ることで、単元全体の結論になり、より深い学びへとつながると考えられる。

5 まとめと今後の課題

これまでの理科授業の多くは、結果と考察が重視され、仮説(予想)があまり重視されていない。そこで、本研究では、仮説設定に焦点を当てて分析した。その結果、授業の探究過程や個々の考え方によって児童の仮説の質に大きな差が見られることが明らかになった。さらに、仮説設定をどのように行うかによって、その後の児童の学習活動に違いが出るのではないかと考えられる。課題を設定し、仮説をしっかりと立てることができれば、結果を見通し、自分の仮説を立証するために児童は主体的に学ぶようになることが分かった。

今後は、研究成果をふまえ、従来の理科授業のような予想という活動だけで終わるのではなく、説明仮説を設定し、実験方法を提示したり児童が考えたりした後に、作業仮説を設定する場面を設ける授業を計画し、実践したいと考えている。

注

1) アプリオリとは、経験的認識に先立つ先天的、自明的な認識や概念のことである。科学者は実験や観察の前にある程度理論をもっているのに対して、学習者は理論をもっておらず、理論は実験などの学習の結果として得られるものと考えられる。

引用・参考文献

安部洋一郎・山本智一・松本伸示(2018)「小学校理科授業における仮説の形成を促す指導方略－仮説フレームを視点にアブダクティブな示唆を

形成することに主眼を置いて－」、『理科教育学研究』, Vol. 58, No3, 211-220.

中央教育審議会(2016)『次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめについて(報告)』, https://www.mext.go.jp/content/1377021_1_4.pdf (最終閲覧日 2020年1月24日)

八田明夫・丹沢哲郎・土田理・田口哲(2004)「理科教育学－教師とこれから教師になる人のために」, 東京教学社, pp. 1-15.

角屋重樹・林四郎・石井雅幸(2009)『小学校 理科の学ばせ方・教え方事典 改訂新装版』, 教育出版, pp. 407.

国立教育政策研究所(2018)『平成30年度全国学力・学習状況調査 報告書 小学校理科』, <https://www.nier.go.jp/18chousakekkahoukouku/report/data/18psci.pdf> (最終閲覧日 2020年1月24日)

小林辰至(2017)「探究における仮説の設定に至る推論の思考様式」, 『探究する資質・能力を育む理科教育』, 大学教育出版, pp. 52-53.

文部科学省(2017)『小学校学習指導要領解説 理科編』, 東洋館出版社.

中村大輝・松浦拓也(2018)「仮説設定における思考過程とその合理性に関する基礎的研究」, 『理科教育学研究』, Vol. 58, No3, 279-292.

中村大輝(2018)「発見の文脈における評価に関する基礎的研究」, 『理科教育学研究』, Vol. 59, No2, 197-204.

小川正賢(1992)「探究学習論」, 日本理科教育学会(編著)『理科教育学講座5 理科の学習論(下)』, 東洋館出版社, pp. 44-104.

遠西昭寿・福田恒康・佐野嘉昭(2018)「観察・実験に対する理論の優先性と解釈学的循環」, 『理科教育学研究』, Vol. 59, No1, 79-86.

山口真人・田中保樹・小林辰至(2015)「科学的な問題解決において児童・生徒に仮説を設定させる指導の方略－The Four Question Strategy(4QS)における推論の過程に関する一考察－」, 『理科教育学研究』, Vol. 55, No4, 437-443.

A Study on Teaching Hypothesis Formulation in Elementary School Science Class : Based on the Results of Analysis Using the Hypothesis Quality Scale
Yusuke NAKAYAMA